



ESCUELA UNIVERSITARIA DE FISIOTERAPIA  
**GIMBERNAT-CANTABRIA**

---

## PROGRAMA DE INTERVENCIÓN A NIVEL DE EXTREMIDAD INFERIOR PARA MEJORAR LA PROPIOCEPCIÓN EN CORREDORES.

Trabajo de Fin de Grado.  
Lucía Perdigones Saiz y Daniel Fierro Aja.  
Grado en Fisioterapia (EU Gimbernata-Cantabria)  
Director: José María González Ruiz  
Torrelavega, a 2 de Septiembre de 2015

## **INDICE:**

**RESUMEN..... Página 3.**

**ABSTRACT..... Página 5.**

**INTRODUCCIÓN..... Página 7.**

**MÉTODOS..... Página 12.**

**RESULTADOS..... Página 21.**

**DISCUSIÓN..... Página 27.**

**ANEXOS..... Página 30.**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... Página 38.**

**AGRADECIMIENTOS..... Página 41.**

## **Resumen:**

### **Objetivo:**

El fin de este trabajo es contrastar dos grupos de ejercicios diferentes defendiendo que para disminuir la posibilidad de lesión, sobre todo en la transición de correr con calzado amortiguado a comenzar a correr lo más descalzo posible, merece la pena seguir una progresión lenta de adaptación, ya que tus pies necesitan mejorar su movilidad, fuerza y propiocepción. Planteamos una serie de ejercicios de adaptación del pie frente a los ejercicios convencionales más conocidos.

### **Métodos:**

Se reunieron 28 personas divididas en dos grupos con el objetivo de que cada uno realice un tipo diferente de ejercicios, unos realizaron unos ejercicios más convencionales y otros ejercicios innovadores o experimentales enfocados a aumentar la propiocepción y la movilidad del pie.

Ambos grupos realizaron 8 sesiones. Se les evaluó 2 veces, previa y posteriormente, con dos variables: la goniometría de tobillo y el plano inclinado.

### **Resultados:**

Existe cierta mejora más evidente en el grupo experimental frente al grupo control, pero también es de destacar que ambos grupos mejoran en las dos variables.

**Discusiones:**

De acuerdo con los resultados, estos ejercicios aportan otra herramienta más de prevención de lesiones y como consejo, incluso, a todo tipo de corredores.

Podemos destacar ciertas limitaciones en la constancia de la realización de los ejercicios por parte del corredor y la dificultad de comprender y realizar los ejercicios.

Sería interesante la posibilidad de realizar futuras investigaciones teniendo en cuenta a la vez más variables y quizás con corredores profesionales.

## **Summary:**

### **Aim:**

The purpose of this paper is to compare two sets of different kinds of exercises arguing that to reduce the chance of injury, especially in the transition from running with cushioned footwear to start running barefoot as possible, worth following a slow progression of adaptation, because your feet need to improve their mobility, strength and proprioception. We propose a series of new exercises adaptation to the foot versus of the best-known conventional exercises.

### **Methods:**

Twenty-eight people were gathered, they were divided into two groups and each group was intended to make a different type of exercise, one group made some more conventional exercises and the other one made innovative and experimental exercises conducted aimed at improving proprioception and mobility of the foot.

Both groups performed eight sessions. They were evaluated twice, before to and after, with two variables: Ankle goniometry and the inclined plane.

### **Results:**

There is some evident improvement in the experimental group versus the control group, but it is also noteworthy that both groups improved in the two variables.

**Discussions:**

According to the results, these exercises provide new tool injury prevention and even this serves as advice for all types of runners.

We could highlight some limitations in the constancy of the realization of exercises by the runner and the difficulty to understand and perform the exercises.

It would be interesting the possibility of future research taking into account more variables and perhaps with professional runners.

## **Introducción:**

Los seres humanos siempre han tenido la necesidad de desplazarse, de correr. El bipedismo y las zancadas han sido un papel importante en la evolución de nuestro esqueleto, diferenciando desde el principio a los homínidos de los primates; concretamente, el correr en carreras de resistencia, ya que sin tener nada que hacer contra los mamíferos cuadrúpedos en cuanto a velocidad, el humano es mucho más resistente que el resto de los mamíferos. La evidencia fósil de estas características sugieren que la carrera de resistencia es una capacidad derivada del género Homo, se origina hace unos 2 millones de años, y puede haber sido fundamental en la evolución de la forma del cuerpo humano. (1,2)

De acuerdo con las teorías de Bramble y Lieberman, quienes postulan que la estructura corporal humana fue significativamente influenciado por el hecho de que se tenía que correr por la propia supervivencia. Antes de la invención de lanzas, arcos y flechas, el Homo Sapiens ya tenía que correr a por su presa hasta el agotamiento por calor u otras causas derivadas. Por lo tanto muchos creen que la carrera ya está en nuestra genética. (1)

Además, se puede destacar que independientemente del motivo y el objetivo por el que el ser humano comenzó a correr, lo que sí que está claro es que comenzó haciéndolo descalzo. Pero poco a poco, conforme la sociedad ha ido avanzando también lo ha hecho el material y tecnología; con ambos, lo que se busca, los objetivos y motivaciones e incluso se llega a crear una necesidad (1)

Dentro de estas necesidades anteriores que la sociedad ha ido creando, se ha llegado a depender de un calzado con una serie de características que quizás, dentro de las comodidades y funciones de control que aportan a la rutina de vida diaria, sean causantes de una modificación la mecánica natural de la pisada y, por tanto, de una reducción de la dinámica y fluidez del movimiento original humano (1)

Durante 1 millón de años el ser humano ha realizado carreras de resistencia descalzo o con calzado sin amortiguación. En los años 70 se inventa y comercializa el calzado con amortiguación tal y como lo conocemos.

Aun después de esta evidente progresión a lo largo de la historia, el hombre ha tenido épocas más activas y más sedentarias, influenciado sobre todo con la industrialización. Hoy en día, el deporte se ha vuelto a poner de moda, y con ello la práctica de la carrera ha ido aumentando exponencialmente durante estos últimos años, existiendo cada vez más número de participantes en las carreras populares.

Con ello hemos presenciado diferentes técnicas de carrera, y con cada una de ellas podemos observar diferencias en el pie y su movilidad.

La técnica de carrera minimalista “ Barefoot “ es un término inglés que significa descalzo. Y consiste en correr sin el soporte artificial de las zapatillas tradicionales, para dejar al pie y a las articulaciones que efectúen su movimiento natural (2).



Algunos autores, defensores del barefoot, afirman que las zapatillas tradicionales lo que hacen es modificar la forma en la que corremos, alterando la postura del cuerpo y haciendo trabajar de forma inadecuada a músculos y articulaciones (2).

En el Barefoot, podemos deducir, que al entrar en juego músculos que antes no trabajaban, el tren inferior se fortalece y se hace más resistente a lesiones y dolores. (1)

El término minimalismo se refiere a cualquier cosa que haya sido reducida a lo esencial, eliminando los elementos sobrantes. En el campo de las zapatillas, se refiere a aquellas que no tienen el apoyo y el refuerzo mínimo. Ellos promocionan mejor propiocepción, control, y el movimiento natural, que afirman que producirá pies más fuertes y disminuir las tasas de lesiones (3,4,5)

No hay evidencia de si el calzado minimalista imita el correr descalzo o no. Tampoco se ha documentado que la amortiguación en el zapato sea buena para la prevención de lesiones.(1, 6)

Se ha especulado que el calzado moderno tiene un efecto negativo sobre la función del pie (4,7) .Si los zapatos protegen, también debilitan y atrofian. El excesivo uso de zapatos y demás materiales para aportar protección a los pies ocasionan una pérdida paulatina de sensibilidad. El calzado amortiguado conduce a los órganos sensitivos a un estado neutro de sensibilidad.(8)

Sé siempre paciente para modificar tu técnica de manera gradual. La transición completa desde el calzado tradicional al minimalismo requiere algún tiempo. Merece la pena seguir una progresión lenta, ya que tus pies y el resto de tu cuerpo van a incrementar su fuerza y propiocepción. (9)

El momento de mayor índice de lesiones en un corredor es el del impacto contra el suelo, por ello, el hacerlo con un patrón de pisada u otro tendrá mucha relación con el índice de lesiones. Daoud et al. (10) en este punto afirman que tener un patrón de pisada de antepié reduce a la mitad el número de lesiones comparándolo con un patrón de pisada de retropié. Para reducir las lesiones en los corredores habrá que permitir el movimiento natural del pie corriendo descalzos o en un calzado minimalista que conserve lo más posible la biomecánica del pie. Correr descalzo fortalece el arco plantar y reduce el impacto en las articulaciones, sobre todo en las rodillas y caderas.

Existen diversidad de estudios que tratan de valorar la diferencia entre una técnica y otra, tanto en la reducción de lesiones, como en los parámetros cinemáticos de carrera pero todos ellos, a través de otros métodos de evaluación como es el caso de la evaluación de ángulo de flexión de la articulación del tobillo, amplitud de paso y posición de la rodilla. (11)

Según el artículo publicado en la revista Plos One “Variation in Foot Strike Patterns during Running among Habitually Barefoot Populations” (12) se evalúan entre 38 individuos el uso del RFS, MFS o FFS obteniendo estadísticas concluyentes en como corremos sin calzado para determinar si es cierto que el barefoot tiene evidencias científicas.

Debido a esto se evaluaron que tiene mucho que ver la velocidad de la prueba, teniendo en cuenta que a menos de 5 m/s predomina el RFS 72% de los estudios, mientras que solo un 4% utiliza FFS.

De 5 a 6 m/s el porcentaje de uso FFS sube al 14%

Por tanto, estos resultados indican que no todos los individuos habitualmente descalzos prefieren usar un FFS cuando funciona a su velocidad de funcionamiento seleccionados por ellos mismos. Ellos muestran que nuestro grupo de muestra prefiere siempre un RFS o MFS en un FFS, incluso cuando esprintan.

## **Métodos**

El término “minimalismo” se refiere a cualquier cosa que haya sido reducida a lo esencial, por eso, el profesor Dan Lieberman de la Universidad de Harvard, recomienda aprender a correr barefoot teniendo en cuenta las siguientes fases: (11)

### **Fase 1**

Los buenos corredores suelen aterrizar en la parte anterior y externa del antepié o del mediopié (4º y 5º metatarsos). Lo ideal es aterrizar con el pie prácticamente horizontal, de este modo no se sobrecargan los músculos de las pantorrillas. (11)

### **Fase 2**

Una vez apoyado el mediopié, deberíamos permitir que el talón descienda gradualmente para suavizar el aterrizaje del pie y la pantorrilla. Es como cuando saltamos y amortiguamos el impacto flexionando la cadera, la rodilla y el tobillo. De nuevo, el énfasis se centra en un aterrizaje suave, elástico y cómodo. (11)

Deberíamos evitar el aterrizaje con el pie demasiado adelantado respecto a tus caderas.

El apoyo de metatarso demasiado adelantado requiere más trabajo con los dedos del realmente necesario, añadiendo un estrés adicional a los músculos de las pantorrillas, al tendón de Aquiles y al sistema de arcos del pie. Lo ideal es que tus pies se apoyen en el suelo justo debajo de las caderas. Es similar a cuando se salta a la comba. (11)

En 1906, Charles de Scott Sherrington en uno de sus trabajos, introduce el término “propiocepción” y lo describe como la información sensorial que contribuye al sentido de la posición propia y al movimiento (13). Actualmente incluye la conciencia de posición y movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza de movimiento. (14,15). Consta de tres componentes: provisión de conciencia de posición articular estática, conciencia cinestésica (la detección de movimiento y aceleración) y las actividades efectoras de la respuesta refleja y la regulación de tono muscular (14,16,17). El control postural se relaciona con el sistema somatosensorial e información proveniente del sistema vestibular y visual. Alteraciones en cualquiera de estos sistemas sensoriales pueden influir en la producción global de la postura, alterando el esquema corporal y en tiempo real generando un conflicto sensorial motor. (18,19).

Habitualmente, se identifican las informaciones provenientes del sistema somatosensorial con el sistema propioceptivo.

El empresario norteamericano Hernan Kabat junto a Margaret Knott y a la fisioterapeuta Dorothy Voss desarrolla el concepto actual de propiocepción. (20).

El tratamiento propioceptivo ha sido empleado habitualmente para el manejo de lesiones de tobillo y rodilla, sobretodo en el campo deportivo en el que se necesita una completa reeducación para volver a estar en la misma condición física anterior a la lesión. (21,22).

Debido a esto ,para introducirte en la práctica de esta técnica ,defendemos que no debes empezar desde el inicio corriendo con calzado minimalista o simplemente descalzo , sino que es conveniente comenzar de manera progresiva, deberíamos seguir un programa de ejercicios para ganar mayor movilidad en el pie y aumentar las sensaciones ,es decir , mejorar la propiocepción plantar. De esta manera disminuiríamos la probabilidad de sufrir lesiones.

Este estudio se planteó con dos variables cuantitativas como son:

La medida goniométrica de los grados de flexión plantar y dorsal de ambos tobillos y la utilización de un plano inclinado.

- **La goniometría:** Se basa en la medición del ROM articular, en este caso de los grados de flexión plantar y dorsal de tobillo, de manera activa y pasiva.

Está estipulado que los grados normales de flexión plantar son aproximadamente 50 y 20° de movilidad dorsal. **(ANEXO 1)**

La goniometría se realizó con el corredor en decúbito supino, con una toalla detrás del tendón de Aquiles y dejando los tobillos por fuera de la camilla.

No se dejaba que compensase levantando la pierna de la camilla o haciendo eversión e inversión.

El eje del goniómetro se colocó como regla general por el borde externo del pie, por debajo del maléolo peroneal.

Partimos con el goniómetro abierto a 90°, el brazo fijo de este irá por la cara externa de la pantorrilla, coincidiendo con el peroné.

El brazo móvil se moverá siempre siguiendo la linealidad del 5º metatarsiano.

Teniendo en cuenta que había individuos con muy pocos grados de flexión dorsal y siguiendo la teoría que podría ser a consecuencia de tensión en el tríceps sural, se realizó en ellos esta medición en decúbito prono y con una flexión de rodilla de 90°.

- Y también la utilización de un **plano inclinado**, con un sistema de regulación de grados a diferentes mediciones. (ANEXO 2)

Inicialmente se ponen unos grados asignados de manera aleatoria, el sujeto mientras se va descalzando, se encuentra fuera y se le va a buscar, para que entre en la sala con los ojos vendados y se le guía hasta donde se encuentra situado el plano inclinado. Cuando sube dejamos de sujetarlo y se deja los minutos necesarios para sentir y objetivar en grados sus sensaciones, mientras esto sucede, la sala está en completo silencio (anulando así la información vestibular y visual y dejando al individuo solo con la llegada de información sensorial dentro del campo propioceptivo), seguidamente y después de apuntarlo, se ayuda a que baje y salga nuevamente de la sala sin ver los grados que realmente tenía la plataforma.

El **objetivo** es que el paciente se aproxime o acierte los grados de este plano.

Por norma general, la primera medición al inicio del estudio suele ser bastante distorsionada, se aleja mucho de la inclinación real. Nos indicará la propiocepción plantar.

Se defiende que tras realizar los ejercicios expuestos a continuación, tanto en grados de movilidad como en propiocepción, el sujeto mejorará.

#### **a. Sujetos.**

Para el estudio se enviaron correos a grandes gimnasios de la zona de Santander e incluso a equipos de atletismo, para solicitar la colaboración de sus usuarios.

Se seleccionaron 28 corredores populares de entre 18 y 35 años, los cuales entrenan como mínimo 4 veces a la semana, sin haber probado nunca ninguna técnica minimalista, todos ellos son hombres y socios de un mismo gimnasio (Healthy Body Gym). Un número determinado de personas ,14 sujetos, realizaron los ejercicios convencionales y los otros 14 restantes , realizaron los ejercicios experimentales. Estos grupos fueron elegidos al azar, con simple ciego.

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de su colaboración en la investigación.



## **b. Procedimiento**

La toma de todos los datos referentes al estudio se lleva a cabo en el Gimnasio Healthy Body Gym.

En primer lugar, se invita a leer a cada uno de los sujetos participantes el documento de información, el cual resume todo el proceso de las pruebas y valoraciones que se van a realizar durante el estudio. **(ANEXO 3)**

Se le da un tiempo para rellenar y firmar el consentimiento informado, en el que confirman haber leído y entendido el propósito del trabajo, aceptan formar parte del estudio y que sus datos puedan ser revisados por el personal implicado.

Más tarde se recogen los datos referentes a la edad, técnica de carrera o deporte que practica y tiempo estimado que lleva practicando dicho deporte, también los días que entrena a la semana y como dato importante que no haya corrido con técnica minimalista “barefoot”; así como las características de los entrenamientos, (intensidad, volumen, frecuencia, terreno, etc). Estos últimos datos solo se usan a modo de conocimiento, tratando de observar si el corredor entra dentro de las características generales que se buscan y sin dar dicha información al sujeto, tratando de evitar sesgos.

Una vez fueron seleccionados los sujetos que cumplían los requisitos básicos para participar en el estudio, se asignó un número a cada nombre de cada uno de ellos y se introdujo en el programa EPIDAT, este distribuyó a cada individuo en un grupo u otro.

Las personas que pertenecieron al **grupo control** se les explicó una tabla de estiramientos convencionales. (ANEXO 4)

Los ejercicios señalados se realizarán a diario durante unos 30 segundos cada uno.

Dos veces por semana durante 4 semanas. Realizándose en total 8 sesiones.

Si por algún motivo tuviera que acortarse el periodo de 4 semanas, podrían realizarse 3 sesiones por semana. (2 semanas de 3 sesiones y 1 última de 2 sesiones).

Luego se evaluará nuevamente.

Se realizaron con ellos el primer día para supervisar que se ejecutaban correctamente y en el tiempo pautado, este día el individuo pudo realizar las preguntas necesarias, y se le explicó que tenía que realizarse en frío (no después de haber ido a correr, ya que sino sus resultados se mantendrían menos tiempo) y dos veces por semana.

Estos ejercicios fueron realizados en una sala del gimnasio donde el monitor testificó que fueron completando las ocho sesiones necesarias.

Aun así estos usuarios tenían un cuadrante en el que, una vez realizados los ejercicios, marcaban el día que habían realizado con una firma. El tiempo promedio que invertían en realizar los ejercicios fue 20 min.

Los sujetos que fueron seleccionados dentro del **grupo experimental**, se agruparon en 3 grupos de 4 personas y un grupo de 2 siguiendo la disponibilidad de cada uno.

**(ANEXO 5).**

Con cada grupo el fisioterapeuta les mostraba cada ejercicio y les realizaba a la vez, corrigiendo individualmente cuando era necesario, el tiempo promedio para realizar todos los ejercicios fueron 30 min.

Tanto a un grupo como a otro se les valoró previa y posteriormente a la realización de las 8 sesiones.

La medición consistía una **valoración funcional** en camilla, donde se evalúan parámetros que puedan estar asociados a una mala técnica de carrera, como puede ser un acortamiento del tendón de Aquiles que le provoque una menor flexión dorsal de tobillo, que como consecuencia pueda hacer que el deportista desarrolle una técnica no tan correcta o le limite a la hora de adaptarse a terrenos con pendiente.

Una vez determinados los parámetros anteriores, se pasa a la evaluación mediante el plano inclinado, sistema de medida que representa de forma numérica los grados de inclinación, permitiendo extraer datos referentes a su percepción y su calidad propioceptiva en dicha articulación.

Se toma una primera medición encima del plano, subiendo al paciente con ojos vendados, con una inclinación aleatoria entre las posibles variantes y se le pide que nos diga a

que inclinación cree estar aproximadamente. Posteriormente se realiza otra valoración con distinto ángulo y se pregunta de nuevo, tomando nota de la percepción que tiene el sujeto de la inclinación dorsal de su tobillo en bipedestación.

### **c) Análisis:**

Una vez obtenidos los datos de las mediciones propias antes y después de las 8 sesiones, contamos como variables cuantitativas la diferencia de mejora o empeoramiento de estas, ya que es esto lo que nos interesa y no tanto, por ejemplo, si la mejora es individual en la flexión plantar y no en la flexión dorsal, sino una suma del total de todas.

Con todo esto llegamos a tener dos resultados por cada paciente, uno para la mejora en la goniometría y otro para la mejora en el plano inclinado.

Introducimos los datos en el programa SPSS, por un lado, los 14 participantes del grupo control, y por otro los del grupo experimental.

Analizamos de manera estadístico-descriptiva las frecuencias, tanto en unos como en otros, de la goniometría y del plano inclinado, pidiendo que nos resalte de manera estadística los resultados más interesantes como la media, moda rango... etc

Una vez sacados los resultados de ambos pasaríamos a compararlos.

Con este mismo programa sacamos también los gráficos donde nos muestra, de manera mucho más rápida y visual, la media y la desviación típica de los 14 participantes de cada grupo.

## **Resultados.**

En el estudio presente, contamos una muestra de 28 sujetos, dividiéndose en dos grupos de 14.

Un primer grupo realizó los ejercicios experimentales, y el segundo los ejercicios control.

**La tabla 1** recoge los resultados de los corredores que realizaron los ejercicios experimentales (FIGURA 1), mientras que en **la tabla 2** resultan los participantes que realizan los ejercicios más convencionales. (FIGURA 2).

### **Resultados grupo experimental.**

```
DATASET NAME control.  
FRECUENCIES VARIABLES=plano_inclinado goniometria  
  /FORMAT=NOTABLE  
  /PERCENTILES=25.0 75.0  
  /STATISTICS=STDDEV VARIANCE RANGE MINIMUM MAXIMUM MEAN MEDIAN MODE SUM  
  /ORDER=ANALYSIS.
```

#### **➔ Frecuencias**

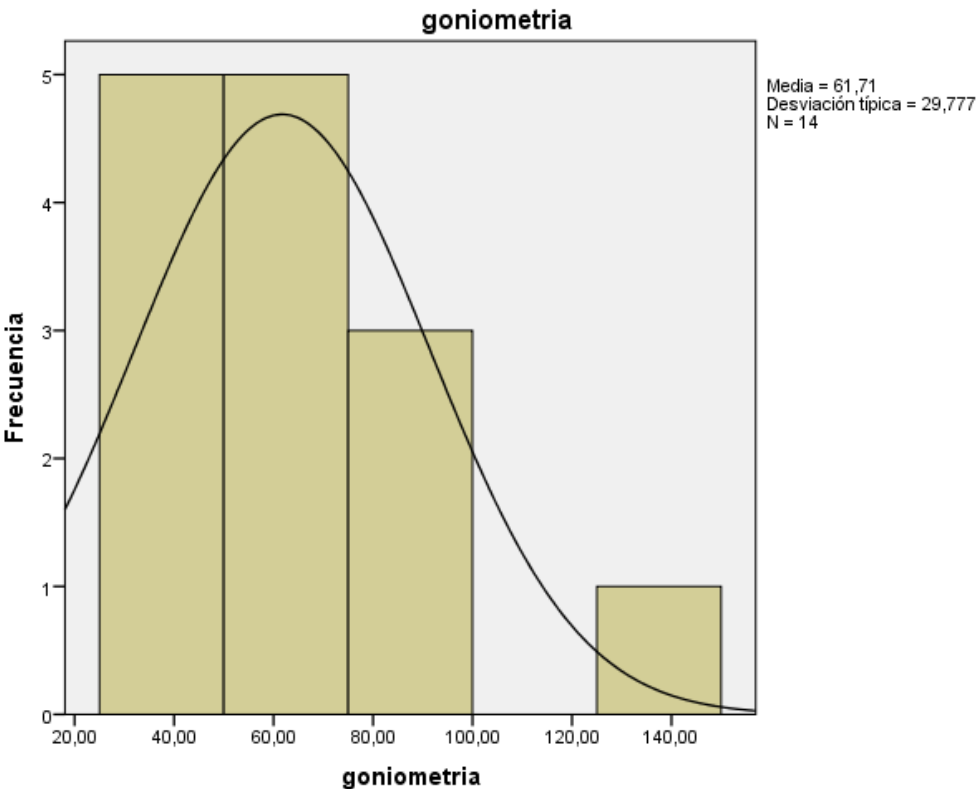
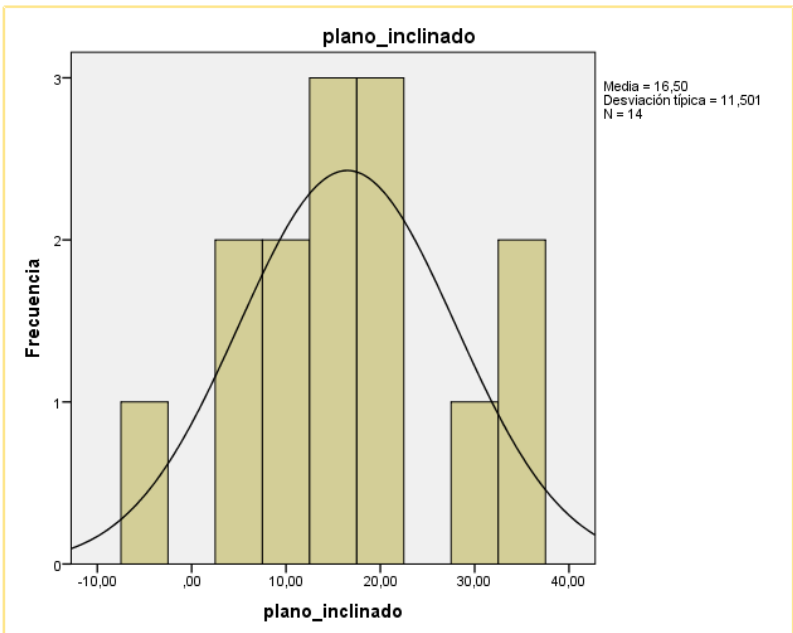
[control]

Estadísticos			
		plano_inclina do	goniometria
N	Válidos	14	14
	Perdidos	0	0
Media		16,5000	61,7143
Mediana		15,5000	57,0000
Moda		20,00	30,00 <sup>a</sup>
Desv. típ.		11,50084	29,77719
Varianza		132,269	886,681
Rango		40,00	115,00
Mínimo		-5,00	30,00
Máximo		35,00	145,00
Suma		231,00	864,00
Percentiles	25	8,7500	42,5000
	75	22,5000	76,2500

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

**Gráficos grupo experimental**

**Histograma**



**FIGURA 1: resultados de los corredores que realizaron los ejercicios experimentales**

## Resultados grupo control

```
FRECUENCIES VARIABLES=plano_inclinado goniometria
/FORMAT=NOTABLE
/PERCENTILES=25.0 75.0
/STATISTICS=STDDEV VARIANCE RANGE MINIMUM MAXIMUM MEAN MEDIAN MODE SUM
/ORDER=ANALYSIS.
```

### ➔ Frecuencias

[Conjunto\_de\_datos0]

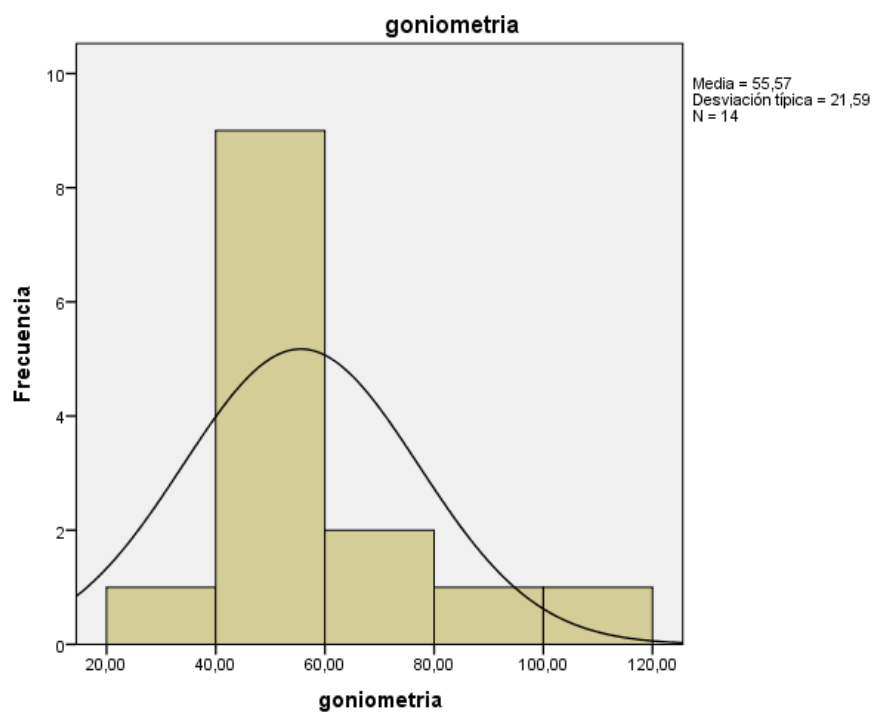
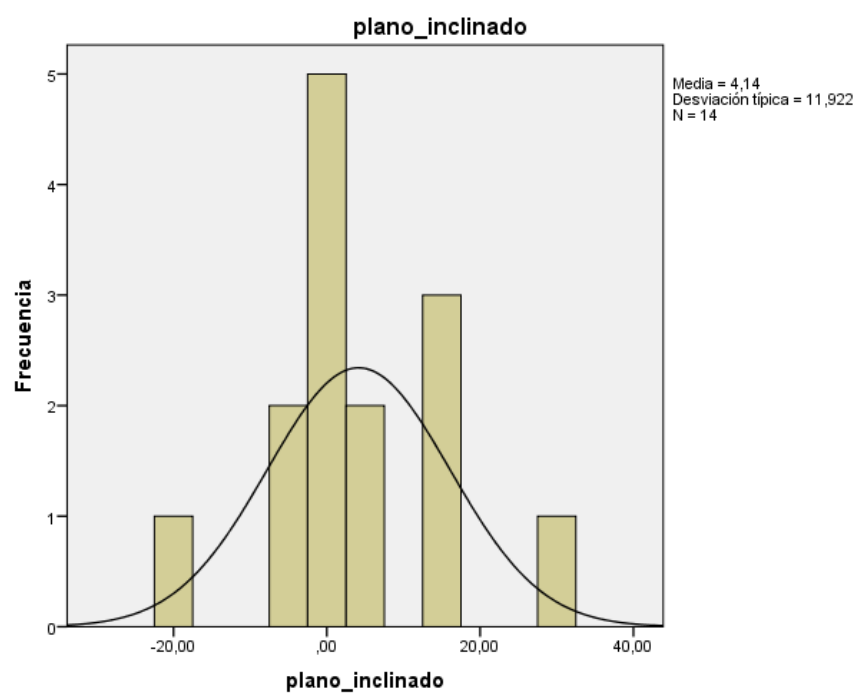
#### Estadísticos

		plano_inclina do	goniometria
N	Válidos	14	14
	Perdidos	0	0
Media		4,1429	55,5714
Mediana		1,5000	50,0000
Moda		,00 <sup>a</sup>	50,00
Desv. típ.		11,92191	21,58958
Varianza		142,132	466,110
Rango		50,00	85,00
Mínimo		-20,00	25,00
Máximo		30,00	110,00
Suma		58,00	778,00
Percentiles	25	-1,2500	43,7500
	75	15,0000	63,5000

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

## Gráficos grupo control.

### Histograma



**FIGURA 2: resultados de los corredores que realizaron los ejercicios convencionales.**



Dentro de las tablas podemos observar los siguientes parámetros de interés:

**Media** (medida de tendencia central que resulta al efectuar una serie determinada de operaciones con un conjunto de números y que, en determinadas condiciones, puede representar por sí solo a todo el conjunto) , **Mediana** (representa el valor de la variable de posición central en un conjunto de datos ordenados) , **Moda** (valor con una mayor frecuencia en una distribución de datos), **Desviación típica**(una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio) , **Varianza** (variable aleatoria es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media), **Rango**(intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo), **Valores Mínimos y Máximos, la Suma total y el percentil**(Valor del elemento que divide una serie de datos en cien grupos de igual valor o en intervalos iguales) de entre 25 y 75.

Tenemos dos únicas **variables fundamentales**; la medición en grados de mejora en el plano inclinado y la diferencia de grados que ganamos en la goniometría de flexión plantar y dorsal tanto activa como pasiva (Teniendo en cuenta la mejora de cualquiera de ellas como un conjunto y no de manera individual, sin tener en cuenta en que movimientos mejora y en cual no).

Observando las tablas 1 y 2, la media de mejora es superior en los individuos del grupo experimental, tanto en ROM como en el plano inclinado (Siendo más evidente la mejora en el plano inclinado).

Todos los parámetros fueron superiores en el grupo experimental frente a los resultados del grupo control. Destacando a su vez que estos últimos también obtienen mejoría aunque no tan evidente.

Centrándonos en el grupo experimental, en el plano inclinado la mediana fue de 15,5° y la mejora de la goniometría de 57°.

20 son los grados que más se repiten como mejoría en el plano inclinado y 30 en la goniometría contando con una desviación típica de 11,5 y 29,8 respectivamente.

Se llegó a obtener un empeoramiento de 5 ° en el plano inclinado y tan solo una mejora de 30° en la goniometría .Estos fueron los resultados más bajos. De esta manera, también es un dato de importancia que la mayor mejoría fue de 35° en el plano inclinado y de 145° en la goniometría.

Como **resultado final**, podemos destacar la importancia de la realización de ejercicios para mejorar la elasticidad y con ello la movilidad del pié, siendo ambas rutinas de ejercicios válidas.

Si bien nuestro objetivo es comenzar en una técnica minimalista sin lesionarnos, defendemos la realización de una tabla de ejercicios como la presentada en este estudio para el grupo experimental.

Podemos de esta manera decir, que son más efectivos, realizándose el mismo periodo de tiempo que los estiramientos convencionales.

Por ultimo destacar la mejoría más significativa, la mejora propioceptiva de la planta del pie, tan importante para correr con menor protección.

### **Discusión.**

Cada vez son más los estudios y las investigaciones que se llevan a cabo en materia de la actividad física (23), a raíz de un creciente número de personas que se inician y a la progresiva evolución del material deportivo y de los aparatos biomédicos, los cuales nos permiten obtener una serie de registros y datos en tiempo real y de manera eficiente y precisa. (24).

Hoy en día el minimalismo es una práctica en auge, y es también muy común el inicio en esta modalidad con cierto desconocimiento de su técnica y de sus bases fundamentales, con creencias erróneas como “correr de puntas”.

La gran mayoría de corredores que se inician en el minimalismo son corredores populares que nunca han realizado entrenamientos de técnica, con lo que no suelen iniciarse de manera paulatina en esta actividad.

De aquí nace la idea de elaborar una tabla de ejercicios teniendo en cuenta el tipo de lesiones más comunes que suelen tener al iniciar la actividad , como pueden ser: fascitis plantares ( Por eso el enfoque de todos los ejercicios de ampliar y estirar la planta del pie o, por ejemplo, los ejercicios con la pelota de tenis) y acortamiento de sóleos limitando la flexión dorsal de tobillo (asociada generalmente a esta tendencia errónea de

solo correr impactando con las puntas de los pies, manteniendo en el aire el medio y retro pie).

Dentro del campo del fisioterapeuta, estos ejercicios aportan otra herramienta más de prevención de lesiones y como consejo, incluso, a todo tipo de corredores.

Podemos destacar ciertas limitaciones en la constancia de la realización de los ejercicios por parte del corredor, ya que en el estudio los participantes se quejaron de las grandes molestias en la planta del pie e intentaban evitar o minimizar el tiempo de realización de ciertos ejercicios, como por ejemplo los deslizamientos con la pelota de tenis por la planta del pie.

También destacaríamos como limitación que al menos las 3-4 primeras sesiones deberían de realizarse supervisadas por el fisioterapeuta, ya que inicialmente pueden parecer difíciles de comprender y realizar, sobre todo los ejercicios de disociación de los dedos.

Analizando retrospectivamente el estudio, una de sus mayores limitaciones fue la dificultad de agrupar corredores dispuestos a quedar 2 días por semana para realizar los ejercicios.

Como limitación en el análisis, tenemos que contar con un lesionado en competición, que no pudo acabar de hacer las rutinas, con lo que se desvinculó del estudio, y también de manera excepcional otro de nuestros participantes se fue de vacaciones con lo que interrumpió el programa de ejercicios. Dentro de esta línea, y de manera más caracterís-

tica no contábamos con la falta de implicación para quedar en grupos reducidos y realizar los ejercicios en los días pautados, alargándose el estudio para realizar los días pendientes con las personas más rezagadas.

Finalizamos la investigación con mayor mejoría de los ejercicios en el grupo experimental. Podemos defender la realización de estos frente a los estiramientos convencionales.

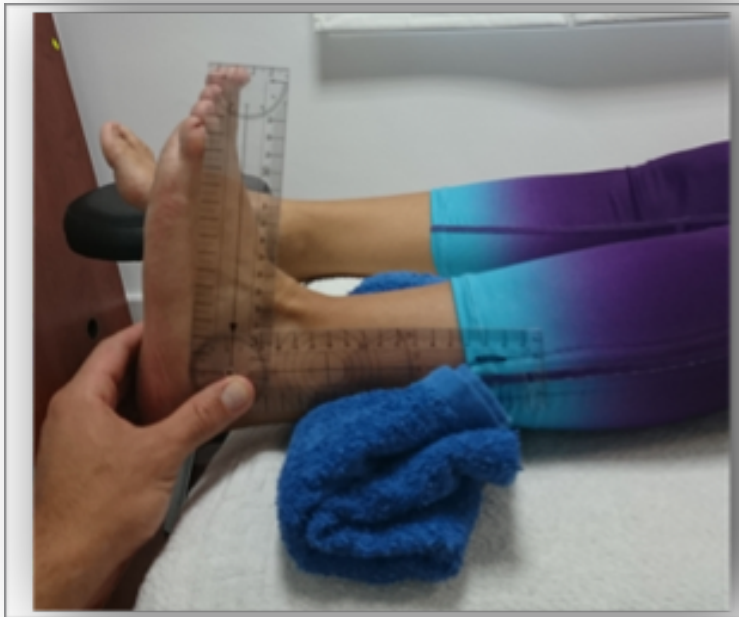
De manera concluyente, el fisioterapeuta deberá transmitir la importancia de realizar con tiempo los ejercicios, y de la manera pautada, advirtiéndole que no siempre van a ser realizados correctamente desde la primera sesión, alentando a seguir y explicando los beneficios evidenciados ya en este estudio, que son una mejora de la propiocepción y de la movilidad plantar.

Como futuras investigaciones, se podría estudiar el tiempo óptimo que se debería invertir en realizarlos y el número de sesiones que serían más útiles para adaptar el pie en el menor tiempo posible, como también añadiendo en el estudio otras variables, como la medición goniométrica de la inversión y eversión.

Otra propuesta interesante para futuros estudios retrospectivos sería la comparación de la técnica biomecánica en corredores que realizaron estos ejercicios con otros que comenzaron a correr sin ningún tipo de adaptación previa.

## **ANEXOS.**

### **ANEXO 1: Medición del ROM articular. GONIOMETRÍA.**



### **ANEXO 2: Utilización del plano inclinado.**



### **Anexo 3:**

Encuesta que se pasó a todos los interesados en participar en el estudio:

#### **Datos personales.**

Nombre y Apellidos:

Fecha de nacimiento:

Equipo al que perteneces:

Peso:

Horario de entrenamiento:

Teléfono de contacto:

Correo electrónico:

- **¿Cuántos días entrenas a la semana?**

1. 2 días por semana.

2. 3-4 días por semana.

3. Entreno 6-7 días de la semana.

- ¿Sueles entrenar por las mañanas o por las tardes?

- **¿Realizas en un horario estructurado tus entrenamientos semanales?**

Si es así concrétealo por favor.

- **¿Has corrido alguna vez con técnica minimalista?**

1. Si.

2. No

**CONSENTIMIENTO INFORMADO:**

**SEÑOR/SEÑORA:**

**DNI:**

En pleno uso de mis facultades, libre y voluntariamente manifiesto que he sido debidamente informado y en consecuencia autorizo que me sea realizado el procedimiento de entrenamiento de ejercicios propioceptivos para la pisada. Como procedimiento de elaboración del trabajo de fin de grado. (ESCUELAS UNIVERSITARIAS GIMBERNAT).

**Teniendo en cuenta:**

1-He comprendido la naturaleza y el propósito de este Trabajo.

2-He tenido la oportunidad de aclarar mis dudas.

3-Entiendo que mi consentimiento puede ser revocado en cualquier momento, ANTES DE LA REALIZACIÓN DEL MISMO.

4-Reconozco que todos mis datos proporcionados son ciertos y que no he omitido ninguno que pueda influir en el trabajo.

Y por lo tanto, declaro que estoy debidamente informado, expreso mi consentimiento para la realización del trabajo.

**FIRMADO:**



**EN CASO DE SER MENOR DE EDAD:**

Yo \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_, responsable directo del (la) [Sr. (a), Niño(a)] \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ años de edad, manifiesto que se ha obtenido su asentimiento y otorgo de manera voluntaria mi permiso para que se le incluya como sujeto de estudio en el Proyecto de investigación, luego de haber conocido y comprendido en su totalidad, la información sobre dicho proyecto y sobre los riesgos y beneficios directos e indirectos de su colaboración en el estudio, y en el entendido de que:

1-He comprendido la naturaleza y el propósito de este Trabajo.

2-He tenido la oportunidad de aclarar mis dudas.

3-Entiendo que mi consentimiento puede ser revocado en cualquier momento, ANTES DE LA REALIZACIÓN DEL MISMO.

4-Reconozco que todos mis datos proporcionados son ciertos y que no he omitido ninguno que pueda influir en el trabajo.

Y por lo tanto, declaro que estoy debidamente informado, expreso mi consentimiento para la realización del trabajo.

Lugar fecha \_\_\_\_\_

Nombre y firma del responsable \_\_\_\_\_

Parentesco o relación con el participante \_\_\_\_\_

# EJERCICIOS GRUPO CONTROL

## ANEXO 4: EJERCICIOS DEL GRUPO CONTROL.



# GRUPO EXPERIMENTAL.

## ANEXO 5 : EJERCICIOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL

### Ejercicios:

#### PELOTA DE TENIS PARA LA FASCIA

1. Pelota punto fijo (o pequeños círculos) en talón , mediopié y antepié.
2. Pases con pelotas de tenis por cada meta.
3. Pase nuevamente 3 veces por la zona que más dolió.
4. Punto fijo con la pelota en el punto de más dolor.
5. Pases con pelotas de tenis por cada meta.



**EJERCICIOS DE DISOCIACIÓN.** (Mantener 30 segundos cada ejercicios)

**1.EJERCICIOS DE DISOCIACIÓN.** (Mantener 30 segundos cada ejercicios )



## ANEXO 5 : EJERCICIOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL





## ANEXO 5: EJERCICIOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL



- De esta posición pasamos a sentadilla baja con pequeños bamboleos hacia adelante y hacia atrás.( 30seg )

Sentadilla baja (lo más baja posible) con punteras hacia afuera, y cruce de manos palmada y volvemos a cruzar manos. ( 4x20)



## **Referencias**

- (1) Altman AR, Davis IS. Barefoot Running: Biomechanics and Implications for Running Injuries. *Extremity conditions*. 2012; 11(5): 244-250.
- (2) Bramble DM, Lieberman DE. Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*. 2004; 432:345-352.
- (3) Bonacci JI, Saunders PU, Hicks A, Rantalainen T, Vicenzino BG, Spratford W. Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):387-92. doi: 10.1136/bjsports-2012-091837. Epub 2013 Jan 11.
- (4) Vormittag K, Calonje R, Briner WW. Foot and Ankle Injuries in the Barefoot Sports. *Curr Sports Med Rep*. 2009 Sep-Oct; 8(5):262-6. Review.
- (5) Squadrone R1, Gallozzi C. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *J Sports Med Phys Fitness*. 2009 Mar;49(1):6-13.
- (6) Willy R, Davis I. Kinematic and Kinetic Comparison of Running in Neutral Cushioned Shoe and a Minimal Shoe. Seattle (WA): American College of Sports Medicine Annual Meeting, 2009.

- (7) Olin ED, Gutierrez GM. EMG and tibial shock upon the first attempt at bare-foot running Hum Mov Sci. 2013 Apr; 32(2):343-52.
- (8) Caballo A, Carrillo A, C Alcaide A. 2011. Aprende la técnica natural. Guía para correr descalzo-minimalista.
- (9) Stackhouse CL, Davis IM, Hamill J. Orthotic intervention in forefoot and rear-foot strike running patterns. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004;19(1):64-70.
- (10) Daoud AI, Geissler GJ, Wang F et al. Foot Strike and Injury Rates in Endurance Runners: a retrospective study. Med Sci Sports Exerc. 2012; 44(7): 1325-1334
- (11) McCarthy C, Fleming N, Donne B, Blanksby B. 12 Weeks of Simulated Bare-foot Running Changes Foot-Strike Patterns in Female Runners. International Journal of Sports Medicine. 2014; 35(5):443-50
- (12) Kevin G, Hatala, Heather L, Dingwall, Roshna E, Wunderlich, Brian G. Richmond, Variation in Foot Strike Patterns during Running among Habitually Barefoot Populations. Plos one. 2013; 8 (1): 1-6.
- (13) Edin B. Cutaneous afferents provide information about knee joint movements in humans. J Physiol. 2001; 15:289-97.

- (14) Laskowski MD, Newcomer-Aney K, Smith J. Proprioception. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2000; 11(2):323-340.
- (15) Benoni B. Cutaneous afferents provide information about knee joint movements in humans. *Journal of Physiology*. 2001; 531:289-297.
- (16) Saavedra P, Coronado R, Chávez D, Díez MP, Renán S, Granados R. Relación entre fuerza muscular y propiocepción de rodilla en sujetos asintomáticos. *Revista mexicana de medicina física y rehabilitación*. 2003;15(1):17-23.
- (17) Lattanzio PJ, Petrella RJ. Knee proprioception: a review of mechanisms measurements, and implications of muscular fatigue. *Orthopedics*. 1998; 21(4):463-471.
- (18) Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Prog Neurobiol*. 1992; 38(1):35-56.
- (19) Schwoebel J, Friedman R, Duda N, Coslett HB. Pain and the body schema. Evidence for peripheral effects on mental representations of movement. *Brain*. 2001; 124(Pt 10):2098-2104.
- (20) Asociación Argentina de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva. Disponible en: <http://aafnp.com/historia.html> [Consultado el: 20/04/2015].



(21) Hupperets MD, Verhagen EA, van Mechelen W. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomized controlled trial. BMJ. 2009; 9:339:b:2684.

(22) Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. The Knee. 2009; 16(3):256-261.

(23) Boullosa D, Tuimil JL. Economía de Carrera: Un Parámetro Multifactorial. Publi-CE Premium. 2006. Recuperado de <http://g-se.com/es/evaluacion-deportiva/articulos/economia-de-carrera-un-parametro-multifactorial-895>.

(24) Aranceta J, Serra L, Viñas R. Actividad física y salud. Estudio Enkid. Barcelona, España: Masson S.A. 2006. Recuperado de <http://www.libreriadeportiva.com/L18181-actividad-fisica-y-salud-estudio-enkid.html>

### **Agradecimiento**

A José María González, director del presente Trabajo de Fin de Grado y a los implicados , voluntarios y monitores del gimnasio Heathy Body Gym por ofrecernos sus instalaciones y por colaborar con nosotros.